试次历史对跨通道非空间返回抑制的影响*

张明[1] 桑汉斌[2] 鲁柯[1 3] 王爱君[1]

([1]苏州大学心理学系, 心理与行为科学研究中心, 苏州 215123) ([2]西北师范大学心理学院, 兰州 730070)
([3]成都市温江区信访局, 成都 611130)

摘 要 个体对刺激的反应不仅受刺激本身的影响，还会受到先前刺激的影响，表现为对当前试次中刺激的反应会受到前一试次的影响，即试次历史。本研究采用"线索-中性线索-靶子"范式探讨前一试次有效性对跨通道的非空间返回抑制的影响。实验 1 通过连续两个试次间的线索有效性考察在跨通道非空间返回抑制中试次历史的影响。为了在跨通道非空间返回抑制中减小试次历史的影响，实验 2 通过延长试次间时间间隔考察跨通道非空间返回抑制中试次历史的作用是否减小。结果发现，前一试次线索无效时，当前试次中的返回抑制效应量显著小于前一试次有效时，这种影响会根据试次中线索和靶子通道的不同而不同。并且当延长试次间的时间间隔可以有效地减少前一试次对当前试次的影响。因此本研究表明，试次历史能够对跨通道非空间返回抑制产生影响，并且这种影响可以通过增大试次间时间间隔来减小。

关键词 非空间返回抑制, 跨通道返回抑制, 试次历史, 试次间隔

1 引言

在注意定向过程中，当外周出现线索后且线索与靶子间的时间间隔大于 300 ms 时，对线索化位置的反应比对非线索化位置的反应慢，这种现象就被称为返回抑制(IOR, inhibition of return)(Lupiáñez et al., 2006; Posner & Cohen, 1984)。这是一种选择性注意抑制的现象，可以帮助人们避免重复注意先前注意过的位置，提高视觉搜索的效率(Klein, 2000; Reuter-Lorenz & Rosenquist, 1996; A. Wang et al., 2017; L. Wang et al., 2012)。继 Posner 等人在空间维度发现了 IOR 现象后，许多研究者在非空间维度也发现了这种现象——非空间 IOR，将注意指向刺激的特征(如颜色、形状、线条朝向、面孔、语义表征等)(Chi et al., 2014; Law et al., 1995; Tipper et al., 1994;

---

*收稿日期: 2020-03-03

国家自然科学基金(31871092, 31700939)、教育部人文社会科学项目(17YJC190024)资助。

张明和桑汉斌同为第一作者

通信作者: 王爱君, E-mail: ajwang@suda.edu.cn; 张明, E-mail: psyzm@suda.edu.cn

L. Wang et al., 2012; X. Zhou & Chen, 2008)。

基于颜色的非空间 IOR 的研究发现，在探测任务中并没有出现与颜色和方向有关的IOR(Kwak & Egeth, 1992)。但是 Law 等人通过改变刺激间时间间隔(SOA, stimulus onset asynchrony)，在长 SOA 中发现了与颜色有关的 IOR。与 Kwak 和 Egeth (1992)的研究相比，Law 等人(1995)在研究排除了空间 IOR 中位置不确定性对非空间 IOR 的影响(只采用了中央位置，不涉及外周位置)，并且在线索颜色和靶子颜色间引入中性颜色，以便被试将注意从线索颜色上脱离，因此在颜色维度上发现了和空间 IOR 类似的重复抑制现象，这种颜色维度上的类空间 IOR 现象就被称之为基于颜色的 IOR。

大量的研究表明，IOR 不仅出现在视觉，还出现在听觉、触觉甚至是跨视-听感觉通道的研究中(Mondor & Amirault, 1998; Mondor & Breau, 1999; Poliakoff et al., 2003; Pratt, 1995; Spence & Driver, 1998)。所谓跨视-听通道 IOR 是指，在线索-靶子范式中，当线索以视觉(或听觉)通道呈现，靶子以听觉(或视觉)通道呈现时，个体对于线索通道中的刺激反应更慢的现象(Chi et al., 2014; A. Wang et al., 2015)。L. Wang 等人(2012)采用基于颜色特征的跨通道 IOR 范式发现，当线索与中央线索的通道一致时，可以观测到基于颜色的非空间视-听和听-视 IOR；在另外一项研究中，通过操纵线索和靶子中客体身份特征和通道特征的一致性发现，视-听条件下(跨通道)基于客体的 IOR 显著大于视-视条件(单通道)(Chi et al., 2014)。除此之外，研究还发现在跨通道 IOR 中存在着通道间的不对称性，即视觉靶子的 IOR 效应量[1]比听觉靶子的 IOR 效应量大(Reuter-Lorenz & Rosenquist, 1996)；基于空间跨通道注意的研究发现，视觉线索通常比听觉线索更有效地产生跨通道注意转移(Ward et al., 2000; Yang & Mayer, 2014)。Spence 等人(2000)也在随后的研究中也发现了跨通道 IOR 的通道不对称性，即对视觉线索-听觉靶子和听觉线索-视觉靶子之间的反应差异；造成这种不对称的原因可能是由于两者本身的加工机制存在差异，即视觉通道信息和听觉通道信息有其各自的加工通路(Spence et al., 2000; A. Wang et al., 2020; Wu et al., 2019; A.-B. Zhou et al., 2020)。这种跨通道空间 IOR 不对称性说明了 IOR 可能并不具有超通道特性，而是通道特异性的；或者说即使 IOR 具有超通道特性，其存在也具有一定的条件性，即通道加工的不对称对空间注意影响不同(Mazza et al., 2007)。

目前大多数研究更多的关注当前的任务环境(或当前试次)，但是个体的行为却会受到最近经历过的事件的影响(Fritsche et al., 2017; Garcia et al., 2016; Goller & Ansorge, 2015; Jongen & Smulders, 2007)。对试次顺序的研究表明，单独的一个试次的表现会受到前一个试次表现的影响，这种前一试次对当前试次的影响称之为试次历史(trial history)。试次历史通常在涉及转换成本

[1] 在返回抑制的研究当中，除了直接将反应时作为因变量指标外，返回抑制(IOR)效应量也是一个重要的观测指标，所谓返回抑制效应量，就是线索有效时的反应时与线索无效时的反应时之差。

(switch cost)的认知加工中起着重要的作用(Hsieh & Liu, 2005)，Murray 等人(2009)采用任务转换范式，考察了任务发生转换时的行为表现。结果发现，当连续两个试次都是相同任务时，被试的反应正确率会比连续两个试次任务不同时高，而且连续两个试次的任务相同时的反应时比连续两个试次任务不同时的反应时短(Murray et al., 2009)。另一项脑磁图(MEG, Magnetoencephalography)技术的研究，通过眼跳任务发现，与前一试次和当前试次都是朝向或都是反向眼跳相比，前一试次和当前试次的眼跳朝向不同且被试反应正确时，会在额叶眼区(FEF, Frontal Eye Field)有更高的激活；而前一试次是反向眼跳时，除了额叶眼区的激活增加外，额下沟(IFS, Inferior Frontal Sulcus)的激活也有相应增加(Lee et al., 2011)，这就证明前一试次中的抑制会一直持续到接下来出现的试次当中。近期，Shin 和 Chong (2016)通过视觉颜色奇异搜索任务(color odd-ball search task)发现，当第二个试次中没有靶子呈现时，前额选择性正波(FSP, frontal selection positivity)在连续两个试次发生变化时的波幅会显著大于连续的两个重复试次，这表明注意被定向到了变化的颜色上；此外，在前后变化试次上 N2 和 P3 的波幅显著大于重复试次(Shin & Chong, 2016)。关于任务转换的研究发现，当前一试次的任务和当前试次任务不一致时，反应时和正确率会比连续两个试次的任务是相同的时候有所下降(Bastian & Druey, 2017; Schneider, 2016)。对此，研究人员提出了两类理论观点来说明任务转换的机制(Jiang, 2018; Kiesel et al., 2010; Vandierendonck et al., 2010)。第一种是重构理论(reconfiguration view)，该观点认为由于工作记忆容量有限，同一时刻工作记忆只能存留一个与任务相关信息，任务转换是主动控制的过程，即对新任务的重构过程。当新任务出现时，旧任务相关的信息会被从工作记忆中清除，新任务的信息被立即加载；当同一任务重复进行时，无需对任务进行重构，该任务相关的信息被保持在工作记忆中。反之，当任务发生转换时，需要耗费一定时间对新任务进行加载，故表现出较长的反应时，这反映了执行功能的作用(Jiang, 2018; Monsell & Mizon, 2006)。而干扰理论(interference view)则认为，工作记忆中可以同时存储多个任务的相关信息，每个任务具有一定的激活水平，但激活水平会随着时间而被动消退，因此先前任务对当前任务的干扰随着两者时间间隔的推移逐渐消退。而保留在工作记忆中的多条信息间则会相互干扰，影响当前正在被激活的信息表征，该观点认为任务转换不涉及对任务的主动重构过程，因此执行功能并不发挥作用(Jiang, 2018)。无论是重构理论的观点还是干扰理论的观点，二者均指出关于先前事件的记忆对当前反应的干扰，即由于前一试次形成的记忆痕迹干扰了当前试次中的反应。并且这种先前经历对于当前反应的影响会随着时间的推移逐渐消退，正如痕迹消退说所指出的，先前事件的编码会在大脑皮质形成暂时性神经联结，并且会在记忆中留下“痕迹”，如果记忆痕迹在后续的事件中得到使用，则其力量会加强；反之，则联结力量会减弱，以致逐渐消失，即随着时间的流逝在头脑中的记忆痕迹会减弱或消退(Shao, 2013)。因此，如果延长试次间的间隔时间，导致前一试次在大脑中的印记消退，理论上是可以改变试次间的相互影响，从而减弱或消除试次历

史的影响。

为了更进一步考察了试次历史对于注意的影响，Jongen 和 Smulders(2007)在试图探讨空间 IOR 的试次顺序效应时，将这种试次间的效应分为了跨试次有效性(前一试次中的线索对当前试次中的靶子的提示是否有效)，靶子转换效应(前一试次和当前试次的靶子不一致时产生的行为上的差异)，和前一试次(线索)有效性与当前试次(线索)有效性的交互作用，并且发现前一试次有效性和当前试次有效性的交互作用显著。当前一试次是捕捉试次时，被试的总体反应时都有所变慢，但是成本(无效试次和中性试次间的差异)和收益(有效试次和中性试次间的差异)并不受影响；而当前一试次是有效试次时，与无效试次相比，其成本和收益更大(Bertelson, 1961, 1963; Jongen & Smulders, 2007; McKenna & Sharma, 2004)。这就说明当前试次会受到前一试次有效性的影响，相似的证据也在眼跳范式中被发现(Lee et al., 2011)。在跨通道 IOR 研究中，Van der Stoep 等人(2015)发现，前一试次和当前试次的靶子通道不一致时，反应时之间存在显著差异。对于当前试次靶子为视觉通道时，前一试次的靶子通道会导致当前试次中多感觉整合的差异(即，前一试次的靶子通道影响当前试次中听-视信息的跨通道整合)。此外，在对 Colavita 效应进行研究时，也发现当前一试次是优先对听觉做反应时，当前试次对视觉的反应能很快恢复，而前一试次优先对视觉做反应时，当前试次中的听觉反应则相较更难恢复(Huang et al., 2015)。Fintor 等人 (2019)通过两个实验考察了试次间通道转换(连续两个试次的反应通道发生变化)和试次间通道重复(连续两个试次的反应通道不变)间的差异，结果发现在线索-靶子间隔较短时(200 ms)，通道转变条件下的反应时会比通道重复条件下的反应时更长。这些结果表明，选择性注意会受到试次历史的影响，当前一试次和当前试次发生转变时，更容易吸引个体的注意，进而导致行为上的差异。

综上所述，大量研究表明当试次间任务发生转换时(连续两个试次所执行的任务发生转换)的反应时会比试次间任务重复时(连续两个试次任务重复)的反应时更长(Mike et al., 2017; MittelstäDt et al., 2018; Peng et al., 2018)。对于视觉空间 IOR 的研究也发现了试次间和试次内的相互影响，即前一试次有效性会对当前试次中的反应时收益(benefit)和成本(cost)产生影响(Jongen & Smulders, 2007)。此外，由于听觉和视觉系统在生理上存在差异，个体对不同通道的反应也有所差异，这可能导致在跨通道研究中出现的视-听，听-视的不对称性(Spence et al., 2000; A. Wang et al., 2020; Wu et al., 2019)，因此，当通道发生转换时，相邻的两个试次间的试次历史和通道特异性可能影响 IOR 效应。然而，以往研究将试次历史看作无关变量不加以控制，但其在很多情况下会影响实验结果(Fritsche et al., 2017; Garcia et al., 2016; Goller & Ansorge, 2015; Jongen & Smulders, 2007; Van der Stoep et al., 2015)。基于此，本研究试图通过两个实验来考察试次历史对跨通道非空间 IOR 的影响。实验 1 利用“线索-中性线索-靶子”实验范式考察前一试次有效性是否会对视-听和听-视跨通道非空间 IOR 产生影响。考虑到试次间的相互影响可能是前

一试次的记忆影响了对下一个试次的反应，而痕迹消退说认为随着时间的流逝，在头脑中留下的痕迹就会消退(Shao, 2013)。那么延长试次间的间隔时间，是否可以通过遗忘减少前一试次对当前试次的影响，因此，实验 2 通过操纵试次间的时间间隔(ITI, inter-trial interval)，探索延长 ITI 是否可以使得试次间的相互影响减小或者消失。

2 实验 1——跨通道颜色返回抑制中的试次历史效应

2.1 方法

2.1.1 被试

采用 G*Power 3.1.9.2 对实验中的样本量进行了估算。在实验中采用 2(前一试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次线索-靶子通道：视-听 vs. 听-视)重复测量方差分析作为统计检验，设置参数 effect size f 为 0.40，I 类错误的概率 α err prob 为 0.05，检验效能 Power(1-β err prob)为 0.80，计算得到最低样本量为 26 人。基于先前关于试次历史的研究中所用到的样本量为 16～28 之间(Goller & Ansorge, 2015; Scalf et al., 2014; Shin & Chong, 2016)，以及综合考虑到实验过程中可能出现的问题(如无效被试)，本研究中所涉及两个实验，拟计划各招募 30 名被试。实验 1 最终在苏州大学随机招募 30 名学生(男生 18 名，女生 12 名)，平均年龄 18.2 ± 2.3 岁，所有被试听力正常，视力或矫正视力正常，无色盲色弱，之前均未参加过类似实验，且在实验结束后获得相应报酬。

2.1.2 实验仪器与材料

在本实验中，所有的刺激呈现在 iiyama MA203DT Vision Master Pro 513 型号的显示器上，屏幕分辨率为 1024×768，刷新率为 100 Hz。实验中所有的视觉刺激呈现在黑色背景上，该环境由 Presentation 软件编程(Neurobehavioral Systems Inc)来实现，其中视觉线索为半径 2°视角的红色或蓝色圆盘，听觉线索为 75 dB，3000 Hz 的/hong/或/lan/的发音；中性线索为半径 2°视角的绿色圆盘或 75 dB，3000 Hz 的/lv/的发音；视觉靶子为半径 2°视角的红色圆盘或蓝色圆盘，听觉靶子为 75 dB，3000 Hz 的/hong/或/lan/的发音。

2.1.3 实验设计和流程

本实验为 2(前一试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次线索-靶子通道：视-听 vs. 听-视)被试内实验设计，因变量为当前试次的反应时。实验中，每种条件出现 64 个试次，共计 512 个试次。实验以一个呈现时间为 300 ms 的中央注视点作为开始，要求被试一直注视中央注视点，然后出现一个 300 ms 的视觉或听觉线索，线索消失后出

现 200 ms 的中央注视点，接着出现 300 ms 中性线索(视觉的中性线索为绿色圆盘，听觉的中性线索为/lv/的发音)，并且中性线索的通道与线索的通道一致(L. Wang et al., 2012)，中性线索消失后再次呈现时长为 300 ms 的中央注视点，最后呈现需要被试做判断的靶子。靶子与线索通道不一致，呈现时间为 300 ms。被试的任务是在 1500 ms 内判断靶子所代表的颜色。反应结束后，有一个 1500 ms 的空屏，然后再出现一个 300 ms 的中央注视点，接下来的程序同上，并且在所有试次中靶子通道一定与线索的通道不同(图 1)。上述过程为单个试次的流程，记为当前试次(试次 N)，则该试次的前一试次为试次 N-1。

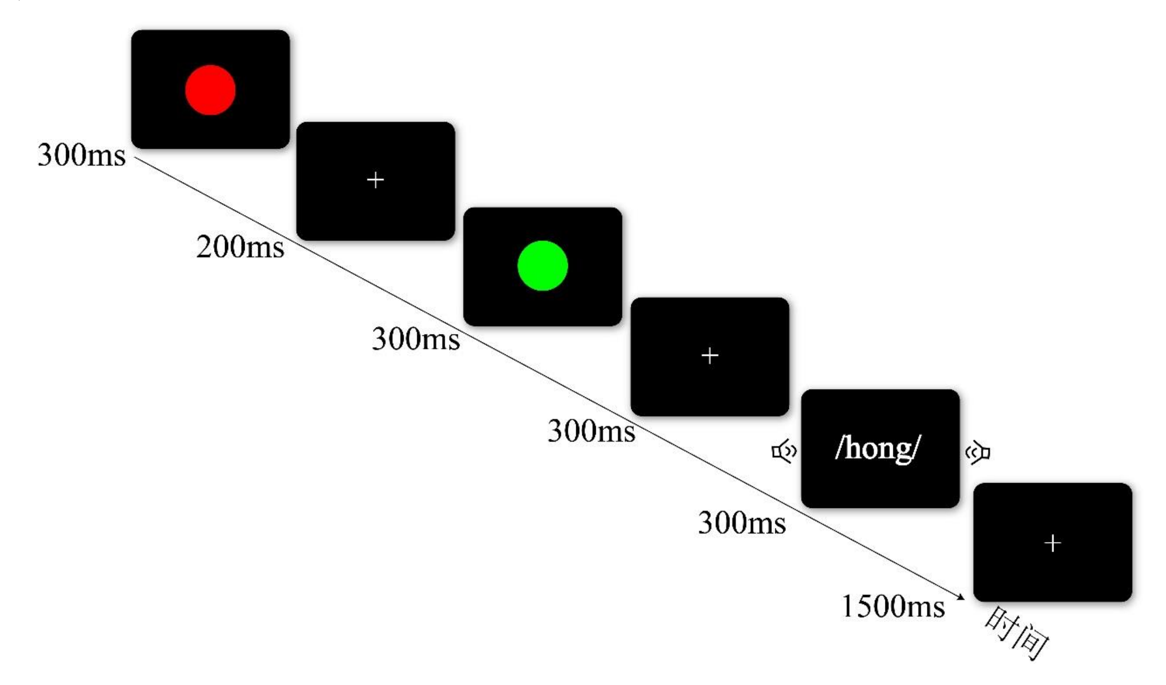


图 1 实验 1 流程图. 在单个试次中，首先向被试呈现 300 ms 的中央注视点，随后是 300 ms 的视觉或听觉线索，线索消失后出现 200 ms 的中央注视点，300 ms 中性线索(视觉的中性线索为绿色圆盘)，中性线索消失后依然为一个 300 ms 的中央注视点，最后呈现听觉或视觉靶子，被试需要在 1500 ms 内对靶子的颜色做出反应，两试次间时间间隔为 1500 ms。

2.2 结果与分析

首先对结果进行预处理，利用正确率剔除错误试次及该错误试次后的一个试次，该过程是为了确保被试是在连续正确判断情况下进行的反应。为避免出现注意不集中和提前反应对结果带来的影响，随后剔除反应时大于 1200 ms 和小于 200 ms 的试次，每个被试平均剔除试次数目为 52.7(SD = 35.43)，剔除试次占总试次的平均百分比为 10.29%(SD =6.20%)。

对反应时数据进行 2(前一试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次线索-靶子通道：视-听 vs. 听-视)重复测量方差分析(**错误!未找到引用源。**)。结果表明，前一试次有效性、当前试次有效性和当前试次线索-靶子通道三者的交互作用显著，F(1,

29) = 10.06, p = 0.004, η_p^2 = 0.26，简单效应分析显示当前试次线索-靶子通道为听-视通道时，无论前一试次有效性如何，当前试次线索有效条件均显著不同与线索无效条件，$t(29)_{前一试次线索有效}$ = 4.32, p < 0.001, *Cohen's d* = 0.79, 95%CI = [10.09, 28.20]; $t(29)_{前一试次线索无效}$ = 4.56, p < 0.001, *Cohen's d* = 0.83, 95%CI = [16.52, 43.37]，此外，前一试次线索有效时的 IOR 效应量(19 ms)与前一试次线索无效时(30 ms)无显著差异，t(29) = 1.22, p = 0.23, 95%CI = [-7.25, 28.84]，上述结果说明在听觉线索-视觉靶子条件下，无论前一试次线索有效性如何，均出现了基于颜色的跨通道 IOR；而在当前试次线索-靶子通道为视-听通道时，仅在前一试次线索有效条件下观测到了当前试次线索有效性的差异，$t(29)_{前一试次线索有效}$ = 3.21, p = 0.03, *Cohen's d* = 0.59, 95%CI = [8.08, 36.50]，并且当前一试次线索有效时，当前试次 IOR 效应量(22 ms)显著不同于前一试次线索无效时(2 ms)，t(29) = 2.34, p = 0.026, *Cohen's d* = 0.43, 95%CI = [2.59, 38.21]，上述结果说明视觉线索-听觉靶子条件下，前一试次有效性会影响当前试次中的 IOR 效应，并且在基于颜色跨通道 IOR 中存在着跨通道的不对称性。当前试次有效性和当前试次线索-靶子通道的两因素交互显著，F(1, 29) = 5.29, p = 0.03, η_p^2 = 0.15，简单效应分析表明，当线索-靶子通道为视-听通道时，线索有效时的反应时(566 ms)与线索无效时(553 ms)存在显著差异，t(29) = 2.65, p = 0.013, *Cohen's d* = 0.48, 95%CI = [2.76, 21.42]；而线索-靶子通道为听-视通道时，线索有效时的反应时(496 ms)与线索无效时(472 ms)存在显著差异，t(29) = 7.12, p < 0.001, *Cohen's d* =1.30, 95%CI = [17.49, 31.59]；此外，IOR 效应量的结果表明当视觉线索-听觉靶子条件下的 IOR 效应量(12 ms)显著不同于听觉线索-视觉靶子条件(25 ms), t(29) =2.30, p =0.029, *Cohen's d* = 0.42, 95%CI = [2.76, 21.42]；说明不同通道内的 IOR 效应存在差异，即出现了和颜色有关的跨通道 IOR 的不对称现象。当前试次有效性主效应显著，F(1, 29) = 37.24, p < 0.001, η_p^2 = 0.56，线索无效时时的反应(513 ms)显著快于线索有效时(531 ms)，在当前试次中存在和颜色有关的跨通道的 IOR。当前试次线索-靶子通道主效应显著，F(1, 29) = 32.61, p < 0.001, η_p^2 = 0.53，线索-靶子通道为听-视通道时(484 ms)快于视-听通道时(560 ms)，即视-听和听-视的反应时之间存在显著差异。

综合上述结果表明在本实验中观测到了 IOR 现象，并且 IOR 会受到当前试次线索-靶子通道类型的影响，支持了基于颜色的跨通道 IOR 中的通道特异性。此外，在对试次历史进行分析时，发现视觉线索-听觉靶子条件下的 IOR 会受到前一试次有效性的影响，也支持了试次历史对当前试次中个体反应的影响。

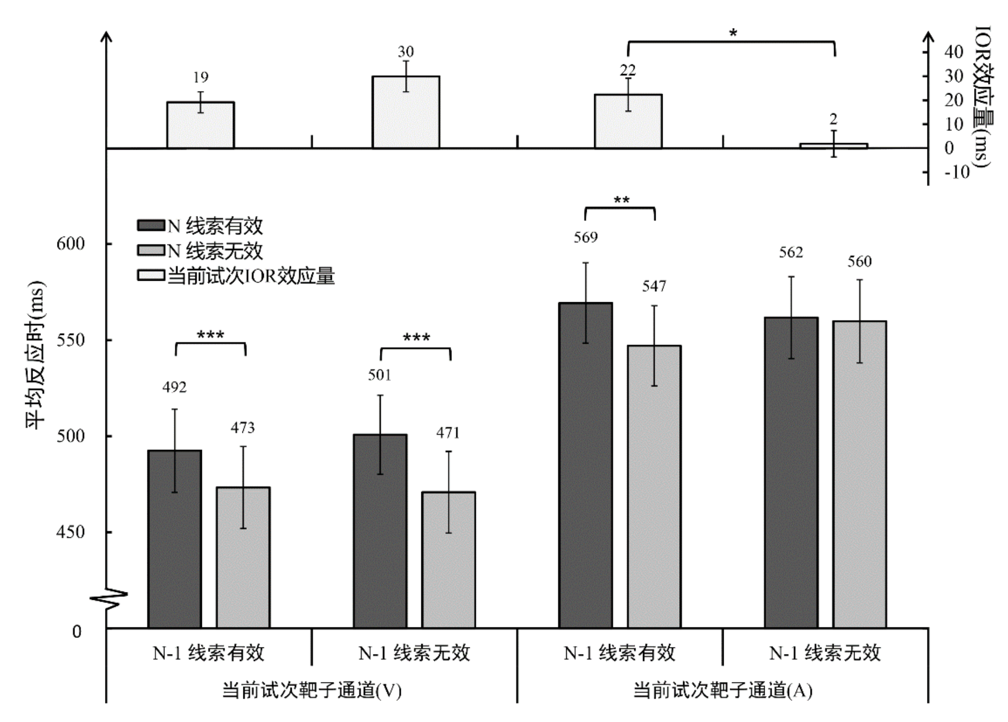


图 2 实验 1 中各个条件下的平均反应时和返回抑制(IOR)效应量(注：* 表示 p<0.05，** 表示 p<0.01，*** 表示 p<0.001，误差线为标准误)

以往跨通道研究中针对前、后试次通道是否转换对结果带来影响的研究发现，前、后试次靶子通道的转换也会影响个体反应，本研究除了对试次间有效性的分析外，还要尝试对前、后试次间(靶子)通道转换的影响进行分析。因此，根据前、后试次(靶子)通道是否转换(前、后试次通道一致性)对被试的行为结果进行事后划分，并且对 IOR 效应量进行了一个 2(前、后试次通道一致性：一致 vs. 不一致)×2(前一试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次线索-靶子通道：视-听 vs. 听-视)重复测量方差分析[2](图 3)，结果表明前、后试次通道一致性(或靶子通道是否发生转换)主效应不显著，$F(1, 29) = 0.59, p = 0.48$；前、后试次通道一致性和前一试次有效性交互不显著，$F(1, 29) = 2.88, p = 0.10$；前、后试次通道一致性和当前试次靶子通道交互显著，$F(1, 29) = 8.33, p = 0.07, \eta_p^2 = 0.23$；简单效应分析显示，当前试次线索-靶子通道为视-听通道时，前、后

---

[2] 在分析返回抑制效应量之前，额外对反应时进行了 2 (前一试次有效性：有效 vs. 无效)×2(前一试次靶子通道：视觉 vs. 听觉)×2(当前试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次靶子通道：视觉 vs. 听觉)四因素重复测量方差分析，结果表明四者交互作用显著，$F(1,29)=4.79, p =0.037, \eta_p^2 = 0.142$，简单效应分析显示，无论前一试次如何，当前试次靶子通道为视觉时，线索有效条件下的反应时均显著不同于线索无效条件($ps < 0.05$)，说明在听觉线索-视觉靶子条件下，均产生了返回抑制效应；而当前试次靶子通道为听觉通道时，仅在前一试次靶子通道为视觉通道时(前、后试次通道不一致，即靶子通道发生转换)且前一试次有效时观测到了显著的返回抑制现象，$t(29)= 4.39, p < 0.001$, *Cohen's d* = 0.80, 95%CI = [18.27, 55.13]，该结果与听觉线索-视觉靶子条件不同，这表明视觉线索-听觉靶子条件下，前一试次有效性会影响当前试次中的返回抑制，并且该效应会受到前、后试次靶子通道一致性的影响。

试次通道一致条件显著不同于不一致条件，$t(29) = 2.08$, $p = 0.047$, *Cohen's d* = 0.38, 95%CI = [0.255, 34.269]；而当前试次线索-靶子通道为听-视通道时，二者差异不显著，$t(29) = 1.11$, $p = 0.276$, 95%CI = [-6.778, 22.890]。该结果表明视觉线索-听觉靶子条件下，当前试次 IOR 效应量会受到前、后试次通道一致性的影响；而听觉线索-视觉靶子条件下，前、后试次通道一致性则不会影响当前试次 IOR 效应量。此外，三者交互作用显著，$F(1, 29) = 4.79$, $p = 0.037$, $\eta_p^2 = 0.14$，简单效应分析显示，当前试次线索-靶子通道为视-听通道时，前、后试次通道不一致(靶子通道发生转换，即前一试次的线索-靶子通道为听-视通道)且前一试次有效时的 IOR 效应量(34 ms)显著大于前一试次无效时(3 ms)，$t(29) = 3.11$, $p = 0.004$, *Cohen's d* = 0.95, 95%CI = [10.77, 52.27]。这表明听觉线索-视觉靶子条件下，前一试次并不会导致当前试次 IOR 效应量的差异；而在视觉线索-听觉靶子条件下，前一试次有效性会影响当前试次 IOR 效应量，并且这个效应会受到前、后试次通道一致性的调节。上述结果说明了听觉线索-视觉靶子条件下的 IOR 未受到试次历史的影响，而视觉线索-听觉靶子条件下，试次历史对跨通道 IOR 的影响受到前、后试次通道一致性的调节，也支持了基于颜色的 IOR 中的跨通道不对称性。

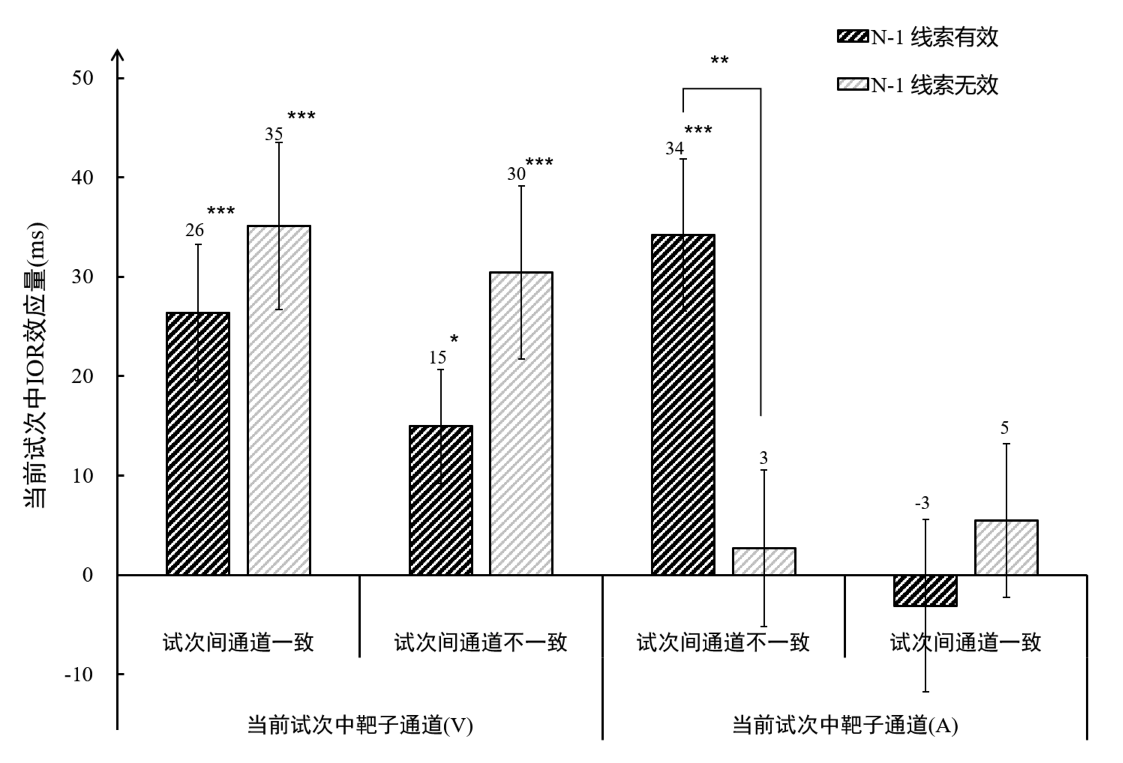


图 3 实验 1 中各条件下的 IOR 效应量. (V)为当前试次中的靶子通道是视觉时，各条件下的反应时；(A)为当前试次中靶子通道是听觉时，各条件下的反应时(注：* 表示 p<0.05，** 表示 p<0.01，*** 表示 p<0.001，误差线为标准误).

综合上述结果表明，实验 1 中观测到了基于颜色的跨通道 IOR 现象，并且在跨通道颜色 IOR 中，当前试次线索-靶子通道(视-听 vs. 听-视)之间存在差异，即跨通道不对称性。对 IOR 效应量的分析发现，视觉线索-听觉靶子条件下前一试次有效性会影响当前试次中的 IOR，而听

觉线索-视觉靶子条件则没有这种差异；通道转换效应结果表明，当前试次线索-靶子通道为视-听通道时，前一试次有效性会影响当前试次中的基于颜色的跨通道 IOR 效应量，并且该效应受到前、后试次通道一致性的调节；而在听觉线索-视觉靶子条件下则没有这种影响，进一步支持了试次历史和通道加工的特异性对基于颜色的跨通道 IOR 的影响。

3 实验 2——试次间时间隔对试次历史效应的影响

有研究认为试次间的相互影响实际是个体工作记忆的差异，因为研究发现工作记忆的容量和试次中存在冲突时的反应时存在一定的反比关系(Heitz & Engle, 2007)。既然跨通道非空间 IOR 中试次间的相互影响可能是前一试次的记忆影响了当前试次的反应，那么是否可以通过遗忘来减少前一试次对当前试次的影响呢？而对于遗忘，通常可以用痕迹消退说来解释，痕迹消退说认为随着时间的流逝，在头脑中留下的痕迹就会消退(Shao, 2013)。那么通过延长试次间的间隔时间，导致前一试次在头脑中的印记消退，理论上可以改变试次间的相互影响。因此本研究设计了实验 2，通过延长时间间隔来考察试次间时间间隔是否可以减轻前一试次有效性对当前试次有效性的影响。

3.1 方法

3.1.1 被试

被试为在苏州大学随机招募的 30 名学生，其中 1 名被试因 IOR 效应量大于 60 ms 被剔除(30 名被试的平均 IOR 效应量为 17.52 ms，标准差为 18.95 ms)，最后保留 29 个有效数据(男生 10 名，女生 19 名)，平均年龄 19.8 ± 2.1 岁，所有被试听力正常，视力或矫正视力正常，无色盲色弱，之前均未参加过类似实验，且在实验结束后获得相应报酬。

3.1.2 仪器与材料

同实验 1。

3.1.3 实验设计与实验流程

本实验为 2(前一试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次中线索-靶子通道：视-听 vs. 听-视)被试内实验设计。实验中，每种条件出现 60 个试次，共计 480 个有效试次。实验流程与实验 1 一致，只是在所有试次中，试次与试次间的时间间隔从 1500 ms 变为了 4500 ms。

3.2 结果与分析

对结果的预处理同实验 1，每个被试平均剔除试次数目为 46.79(SD = 32.86)，剔除试次占总试次的平均百分比为 9.75%(SD = 6.85%)。

对反应时进行 2(前一试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次线索-靶子通道：视-听 vs. 听-视)重复测量方差分析(图 4)。结果表明，当前试次有效性的主效应显著，$F(1, 28) = 25.52, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.48$，当前试次无效时的反应时(523 ms)比当前试次有效时的反应时(539 ms)更快，说明在当前实验条件下仍然观察到基于颜色的返跨通道回抑制现象。当前试次中线索-靶子通道的主效应显著，$F(1, 28) = 50.35, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.64$，当前试次为听觉线索-视觉靶子的反应时(501 ms)小于视觉线索-听觉靶子条件(561 ms)，说明当延长 ITI 后，跨通道颜色 IOR 中依旧存在通道的不对称性。当前试次有效性和当前试次线索-靶子通道的交互作用显著，$F(1, 28) = 7.28, p = 0.012, \eta_p^2 = 0.21$，简单效应分析发现，听觉线索-视觉靶子条件下，当前试次有效时的反应时(512 ms)显著不同于无效时(489 ms)，$t(29) = 5.8, p < 0.001$, *Cohen's d* = 1.08, 95%CI = [15.48, 32.30]，而在视觉线索-听觉靶子条件下，当前试次有效时(565 ms)与无效时(557 ms)无显著差异，$t(29) = 1.79, p = 0.085$, 95%CI = [-1.18, 17.30]，此外，线索-靶子为听-视通道时的 IOR 效应量(24 ms)显著不同于视-听通道时(8 ms)，$t(28) = 2.698, p = 0.012$, *Cohen's d* = 0.50, 95%CI = [3.81, 27.86]；上述结果说明当延长 ITI 时，依然出现了跨通道 IOR，并且这种效应会受到当前试次线索-靶子通道的影响。相比于实验 1，在实验 2 中当 ITI 延长到 4500 ms 时，前一试次有效性和当前试次有效性交互不显著，$F(1, 28) = 3.37, p = 0.08$；前一试次有效性和当前试次线索-靶子通道交互不显著，$F(1, 28) = 0.12, p = 0.91$；并且，前一试次有效性，当前试次有效性和当前试次线索-靶子通道三者交互作用不显著，$F(1, 28) = 0.13, p = 0.72$，即前一试次有效性和当前试次线索-靶子通道对当前试次有效性的影响并不显著；与实验 1 结果不同，说明通过延长 ITI 可以减弱前一试次有效性对当前试次中基于颜色的跨通道 IOR 的影响。

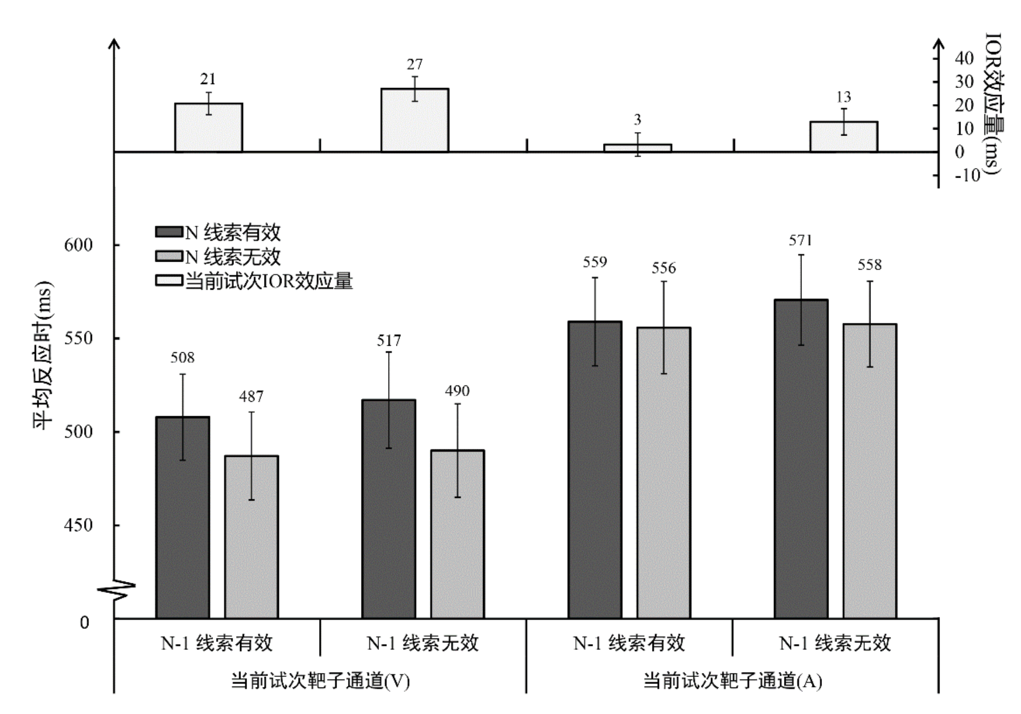


图 4 实验 2 中各个条件下的平均反应时和 IOR 效应量(注：误差线为标准误)

此外，本实验也尝试对前、后试次间(靶子)通道转换的影响进行分析，对 IOR 效应量进行了一个 2(前、后试次通道一致性：一致 vs. 不一致)×2(前一试次有效性：有效 vs. 无效)×2(当前试次的靶子通道：视觉 vs. 听觉)重复测量方差分析，结果表明前、后试次通道一致性主效应不显著，$F(1, 28) = 1.45, p = 0.24$；前、后试次通道一致性和前一试次有效性交互不显著，$F(1, 28) = 0.32, p = 0.58$；前、后试次通道一致性和当前试次靶子通道交互不显著，$F(1, 28) = 0.43, p = 0.52$；三者交互作用不显著，$F(1, 28) = 2.37, p = 0.14$；进一步说明当试次间的间隔从 1500 ms 变为 4500 ms 时，减少了前、后试次通道一致性对当前试次中的 IOR 效应量的影响。

综合上述结果表明，两个实验中均发现了基于颜色的跨通道 IOR 现象，并且对于视觉线索-听觉靶子的反应显著不同于听觉线索-视觉靶子条件，即存在跨通道不对称现象。对于不同通道条件下试次历史的分析表明，当 ITI 为 1500 ms 时，视觉线索-听觉靶子条件下，前一试次有效性和当前试次线索-靶子通道会影响当前试次中的 IOR，并且这种效应会受到前、后试次通道一致性的调节。而 ITI 延长至 4500 ms 时，减弱了视觉线索-听觉靶子条件下，前一试次对当前试次 IOR 的影响，并且通道一致性结果也支持了延长 ITI 会削弱前一试次对当前试次 IOR 效应量的影响。

4 讨论

本研究通过两个实验考察了跨通道非空间 IOR 中试次历史对 IOR 效应量的影响，并且通过延长 ITI，找到了减少试次历史对实验结果产生影响的方法。实验 1 和实验 2 均采用“线索-中性线索-靶子”范式，控制了线索和中性线索的通道，结果表明，两实验均出现了基于颜色的跨通道 IOR 效应，并且对于视觉线索-听觉靶子的反应显著不同与听觉线索-视觉靶子，即跨通道不对称性。实验 1 的结果表明在跨通道非空间 IOR 中存在试次间的相互影响，在视觉线索-听觉靶子条件下，前一试次有效时的 IOR 效应量显著大于前一试次无效时，并且该效应受到前、后通道一致性的调节；而在听觉线索-视觉靶子条件下，前一试次有效性并不会导致当前试次中 IOR 效应量的差异。根据记忆的消退假说，实验 2 采用了延长试次间间隔的方法，将实验 1 中的试次间隔从 1500 ms 延长至 4500 ms，结果发现视觉线索-听觉靶子条件下，前一试次有效性对当前试次中 IOR 效应量的影响并无显著差异，并且对前、后试次线索-靶子通道一致性的分析也表明，延长 ITI 会减弱靶子通道转换对当前试次中的 IOR 效应量的影响。

综合实验 1 和实验 2 的结果表明基于颜色的 IOR 不仅存在于视觉单通道，也存在于线索-靶子通道不同的条件下。但以往的研究认为这种抑制与 IOR 不同，虽然二者都是对之前重复出现的刺激表现出抑制，但是基于颜色的非空间抑制用 IOR 来解释并不适合，因为在 Fox 和 de Fockert (2001)的研究中，抑制只发生在中央位置，在外周位置并不能检测到抑制的存在。因此他们认为重复盲更适合用来解释基于颜色的抑制，即在同一位置相继呈现不同刺激，会使得不同的客体符号与同一个非空间属性的联系变得困难，所以才产生非空间的重复抑制。如果在不同空间位置上出现不同刺激，就会使得不同的客体符号与非空间属性的联系变得容易，因此不会出现重复抑制。但是在 Fox 和 de Fockert (2001)的研究中，仅仅采取的是简单的探测任务，而本研究采用的是更难的辨别任务。按照重复盲的逻辑来看，当客体符号和非空间属性的联系一旦建立之后，不论辨别任务还是探测任务，都应该不会再有反应时上的损失(Fox & de Fockert, 2001; M. Zhang & Chen, 2002)。但是从本研究的实验结果来看，反应时的损失不仅存在，其差异还很显著。因此，重复盲的理论并不适用于本研究中。而 IOR 中的抑制标签理论认为，之所以会出现 IOR 现象，是由于个体在对线索进行加工时，会激活注意网络中的定向系统和执行网络负责的抑制标签系统，当刺激出现时，注意网络会对其贴上抑制标签，之后再次出现相同刺激时，由于抑制标签的作用，导致个体对刺激的提取变慢，从而导致反应时变慢，出现 IOR 现象(Y. Zhang et al., 2013)。那么，在贴上抑制标签的时候，个体抑制的将是整个客体，也包括客体所带有的特征，因此当靶子的颜色和线索的颜色一致时，也出现了 IOR。

实验 1 的结果表明两个连续正确反应的试次间存在着前一试次有效性对当前试次有效性的影响，但是这种影响在不同的线索-靶子通道间的方向不同；即当前试次线索-靶子通道为视-听

通道时，前一试次会影响当前试次反应，而线索-靶子通道为听-视通道时，前一试次对当前试次的影响不显著。这可能是由于视-听和听-视通道在信息加工时的差异，导致听-视条件下的 IOR 效应相对于视-听条件表现得更稳定，不易受到任务无关信息的干扰。并且跨通道领域的相关研究也发现觉线索听觉靶子(视-听)和听觉线索-视觉靶子(听-视)两种条件存在差异(Guerreiro et al., 2012; Roggeveen et al., 2005; Spence et al., 2000; Yang & Mayer, 2014)，如基于空间跨通道注意的研究已经发现，视觉线索通常比听觉线索更有效地产生跨通道注意转移 (Ward et al., 2000; Yang & Mayer, 2014)。此外 Spence 等人(2000)研究也发现，听觉线索诱发的视觉 IOR 效应能持续到 1950 ~ 2250ms，而视-听条件下该时程未发现显著的听觉 IOR 效应。造成这种不对称的原因可能是由于两者本身的加工机制存在差异，也就是说视觉通道信息和听觉通道信息有其各自的加工通路。更进一步，试次历史的结果表明，当前试次线索-靶子通道为视-听通道时，前、后试次线索-靶子通道不一致(前一试次线索-靶子通道为听-视通道)且前一试次线索有效条件下 IOR 效应量会显著大于前一试次无效条件；而当前一试次线索-靶子通道为视-听通道时，均不会影响当前试次 IOR 效应量。这些结果进一步说明了前一试次有效性对于当前试次有效性的干扰，以及前、后试次通道一致性会影响当前试次中的反应，并且已有的研究也表明前一试次中刺激的通道性质会影响当前试次中的感知(Kayser & Kayser, 2018)。与当前试次线索-靶子通道是听-视通道相比，当前试次中的靶子如果出现在听觉通道，那么就会受到前一试次中靶子通道的影响，这也支持了通道特异性会影响基于颜色的跨通道 IOR(Mazza et al., 2007)。先前对试次间相互影响的研究中，研究者集中在涉及认知控制的任务转换和冲突适应上(Kayser & Kayser, 2018)，证明了个体在对当前的刺激做出反应时，并非简单的刺激-反应(S-R)的关系。在个体做出反应之前，由于认知控制的影响，最终的行为才得以产生。结合实验 2 的结果来看，通过延长 ITI 减弱这种试次间的相互影响，该结果可能是由于延长 ITI 导致与先前试次相关的记忆痕迹的消退，减弱了前一试次相关的记忆痕迹，消除了试次间的相互影响。正如记忆消退观点指出，记忆使脑神经或大脑活动发生变化，形成记忆痕迹，但记忆痕迹会随着时间的流逝而减弱或消退，支持了试次历史可能来源于前一个试次的记忆印记，说明在跨通道非空间 IOR 中，记忆的重要作用。Maljkovic 和 Nakayama (1994)认为，在实验中每个试次都会在大脑中形成印记，并影响对随后若干个试次的反应。有研究认为试次间的相互影响实际是个体工作记忆的差异，因为研究发现工作记忆的容量和试次中存在冲突时的反应时存在一定的反比关系(Heitz & Engle, 2007)。但是 Keye 等人(2009)研究结果表明虽然工作记忆和一般的反应速度有关，但是和冲突控制并没有显著相关，因此认为冲突适应这种试次间的相互影响现象，实际是一个自动化的过程，并不需要工作记忆的参与。但是从本研究中的实验 2 来看，由于延长了 ITI，导致试次间的相互影响减小，即随着 ITI 变长，可能导致了记忆痕迹的衰退，从而减小了试次间的相互影响，这与 Mccarley 等人(2010)的研究结果一致，即随着时间的增长，试次间的影响会逐渐消退。

在本研究中所有实验均采用颜色辨别任务，即所发现的视-听和听-视 IOR 存在于辨别任务中，这与 L. Wang 等人(2012)的发现一致。从跨通道的角度来说，本研究考察的是线索-靶子通道不一致情况下的非空间 IOR，但是本研究并没有考虑试次内线索-靶子通道一致的情况，在这种条件下是否也会出现试次间的差异，这种差异与线索-靶子通道不一致条件所带来的差异是否一致，这个问题仍需解答。此外，在利用延长 ITI 来减轻或消除试次间的影响之前的预实验部分，研究者根据 IOR 的梯度效应(所谓梯度效应，是指当靶子和线索间距离越大时，抑制会越弱)，采取了改变线索-靶子之间的相似性的方法(L. Wang et al., 2010)，考察由线索和靶子在空间上的差异带来的 IOR 效应量的改变是否也会在线索和靶子的时间维度上面有所体现？因此，在实验 2 的预实验部分，研究者还尝试过采用呈现时长为 150 ms 和 450 ms 的靶子，但结果都表明抑制消失，出现了易化现象。这也许可以说明要么 IOR 的梯度效应不适用于时间维度，要么说明基于颜色的跨通道 IOR 并不稳定，它特别容易受到刺激属性的影响，一旦某种属性发生了改变，那么这种抑制效应就很有可能会变为易化效应。并且，从实验 2 的结果来看，试次间的相互影响是否和个体的工作记忆的关系也是未来可以继续研究的方向。此外，尽管本研究在尝试分析了前、后试次靶子通道转换所带来的影响时发现视觉线索-听觉靶子条件下，前、后通道靶子通道一致性会调节前一试次有效性对当前试次基于颜色的跨通道 IOR 的影响，但由于该分析是在实验结束后根据试次间的关系进行条件划分的，并未对每种条件下的试次数目进行平衡匹配，因此，未来需要通过对前、后通道靶子通道一致性系统操纵来考察前、后通道靶子通道一致性和前一试次有效性对基于颜色的跨通道 IOR，进一步揭示试次历史对基于颜色的跨通道 IOR 的影响。

5 结论

跨通道非空间返回抑制中，存在着试次间的相互影响，即前一试次线索的效性会影响当前试次中的返回抑制效应；此外，这种影响似乎和通道顺序有关，也就是说既存在试次间有效性的相互影响，也可能存在前、后试次间(靶子)通道转换效应的影响。此外，通过增大试次间的时间间隔可以减少试次历史对当前试次中返回抑制的影响。

参考文献

Bastian, C. C. V., & Druey, M. D. (2017). Shifting between mental sets: an individual differences approach to commonalities and differences of task switching components. *Journal of Experimental Psychology: General, 146*(9), 1266-1285. doi: http://doi.org/10.1037/xge0000333

Bertelson, P. (1961). Sequential redundancy and speed in a serial two-choice responding task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 13*(2), 90-102. doi: http://doi.org/10.1080/17470216108416478

Bertelson, P. (1963). S-R relationships and reaction times to new versus repeated signals in a serial task. *Journal of Experimental Psychology, 65*(5), 478-484. doi: http://doi.org/10.1037/h0047742

Chi, Y., Yue, Z., Liu, Y., Mo, L., & Chen, Q. (2014). Dissociable identity- and modality-specific neural representations as revealed by cross-modal nonspatial inhibition of return. *Human Brain Mapping, 35*(8), 4002-4015. doi: http://doi.org/10.1002/hbm.22454

Fintor, E., Stephan, D. N., & Koch, I. (2019). The interplay of crossmodal attentional preparation and modality compatibility in cued task switching. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 72*(4), 955-965. doi: http://doi.org/10.1177/1747021818771836

Fox, E., & de Fockert, J.-W. (2001). Inhibitory effects of repeating color and shape: Inhibition of return or repetition blindness? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 27*(4), 798-812. doi: http://doi.org/10.1037/0096-1523.27.4.798

Fritsche, M., Mostert, P., & de Lange, F. P. (2017). Opposite effects of recent history on perception and decision. *Current Biology, 27*(4), 590-595. doi: http://doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.006

Garcia, A. C., Bhangal, S., Velasquez, A. G., Geisler, M. W., & Morsella, E. (2016). Metacognition of working memory performance: trial-by-trial subjective effects from a new paradigm. *Frontiers in Psychology, 7*, 927. doi: http://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00927

Goller, F., & Ansorge, U. (2015). There is more to trial history than priming in attentional capture experiments. *Attention Perception & Psychophysics, 77*(5), 1574-1584. doi: http://doi.org/10.3758/s13414-015-0896-3

Guerreiro, M. J. S., Adam, J. J., & Van Gerven, P. W. M. (2012). Automatic selective attention as a sunction of sensory modality in aging. *Journals of Gerontology Series B-Psychological Sciences and Social Sciences, 67*(2), 194-202. doi: http://doi.org/10.1093/geronb/gbr090

Heitz, R. P., & Engle, R. W. (2007). Focusing the spotlight: individual differences in visual attention control. *Journal of Experimental Psychology: General, 136*(2), 217-240. doi: http://doi.org/10.1037/0096-3445.136.2.217

Hsieh, S., & Liu, L. C. (2005). The nature of switch cost: task set configuration or carry-over effect? *Cognitive Brain Research, 22*(2), 165-175. doi: http://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.08.006

Huang, S., Li, Y., Zhang, W., Zhang, B., Liu, X., Mo, L., & Chen, Q. (2015). Multisensory competition is modulated by sensory pathway interactions with fronto-sensorimotor and default-mode network regions. *The Journal of Neuroscience, 35*(24), 9064-9077. doi: http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3760-14.2015

Jiang, H. (2018). Reconfiguration and interference in voluntary task switching. *Advances in Psychological Science 26*(9), 1624-1631. doi: http://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2018.01624

[蒋浩.(2018).自主任务转换中的重构和干扰.*心理科学进展*.*26*(9), 1624-1631.]

Jongen, E. M. M., & Smulders, F. T. Y. (2007). Sequence effects in a spatial cueing task: Endogenous orienting is sensitive to orienting in the preceding trial. *Psychological Research, 71*(5), 516-523. doi: http://doi.org/10.1007/s00426-006-0065-3

Kayser, S. J., & Kayser, C. (2018). Trial by trial dependencies in multisensory perception and their correlates in dynamic brain activity. *Scientific Reports, 8*(1), 3742. doi: http://doi.org/10.1038/s41598-018-22137-8

Keye, D., Wilhelm, O., Oberauer, K., & van Ravenzwaaij, D. (2009). Individual differences in conflict-monitoring: testing means and covariance hypothesis about the Simon and the Eriksen Flanker task. *Psychological Research, 73*(6), 762-776. doi: http://doi.org/10.1007/s00426-008-0188-9

Kiesel, A., Steinhauser, M., Wendt, M., Falkenstein, M., Jost, K., Philipp, A. M., & Koch, I. (2010). Control and interference in task switching--a review. *Psychological Bulletin, 136*(5), 849-874. doi: http://doi.org/10.1037/a0019842

Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(4), 138-147. doi: http://doi.org/10.4249/scholarpedia.3650

Kwak, H. W., & Egeth, H. (1992). Consequences of allocating attention to locations and to other attributes. *Perception and Psychophysics, 51*(5), 455-464. doi: http://doi.org/10.3758/bf03211641

Law, M. B., Pratt, J., & Abrams, R. A. (1995). Color-based inhibition of return. *Perception and Psychophysics, 57*(3), 402-408. doi: http://doi.org/10.3758/bf03213064

Lee, A. K. C., Hämäläinen, M. S., Dyckman, K. A., Barton, J. J. S., & Manoach, D. S. (2011). Saccadic preparation in the frontal eye field is modulated by distinct trial history effects as revealed by magnetoencephalography. *Cerebral Cortex, 21*(2), 245-253. doi: http://doi.org/10.1093/cercor/bhq057

Lupiáñez, J., Klein, R. M., & Bartolomeo, P. (2006). Inhibition of return: twenty years after. *Cognitive Neuropsychology, 23*(7), 1003-1014. doi: http://doi.org/10.1080/02643290600588095

Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1994). Priming of pop-out: I. Role of features. *Memory and Cognition, 22*(6), 657-672. doi: http://doi.org/10.3758/BF03209251

Mazza, V., Turatto, M., Rossi, M., & Umilta, C. (2007). How automatic are audiovisual links in exogenous spatial attention? *Neuropsychologia, 45*(3), 514-522. doi: http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.010

Mccarley, J. S., Kramer, A. F., Colcombe, A. M., & Scialfa, C. T. (2010). Priming of pop-out in visual search: a comparison of young and old adults. *Aging Neuropsychology & Cognition, 11*(1), 80-88. doi: http://doi.org/10.1076/anec.11.1.80.29362

McKenna, F. P., & Sharma, D. (2004). Reversing the emotional stroop effect reveals that it is not what it seems: the role of fast and slow components. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition, 30*(2), 382-392. doi: http://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.382

Mike, W., Stina, K., & Tilo, S. (2017). More than attentional tuning – investigating the mechanisms underlying practice gains and preparation in task switching. *Frontiers in Psychology, 8*, 682-. doi: http://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00682

MittelstäDt, V., Miller, J., & Kiesel, A. (2018). Trading off switch costs and stimulus availability benefits: An investigation of voluntary task-switching behavior in a predictable dynamic multitasking environment. *Memory and Cognition, 46*(5), 699-715. doi: http://doi.org/10.3758/s13421-018-0802-z

Mondor, T. A., & Amirault, K. J. (1998). Effect of same- and different-modality spatial cues on auditory and visual target identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*(3), 745-755. doi: http://doi.org/10.1037//0096-1523.24.3.745

Mondor, T. A., & Breau, L. M. (1999). Facultative and inhibitory effects of location and frequency cues: Evidence of a modulation in perceptual sensitivity. *Perception and Psychophysics, 61*(3), 438-444. doi: http://doi.org/10.3758/BF03211964

Monsell, S., & Mizon, G. A. (2006). Can the task-cuing paradigm measure an endogenous task-set reconfiguration process? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 32*(3), 493-516. doi: http://doi.org/10.1037/0096-1523.32.3.493

Murray, M. M., Santis, L. D., Thut, G., & Wylie, G. R. (2009). The costs of crossing paths and switching tasks between audition and vision. *Brain and Cognition, 69*(1), 0-55. doi: http://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.05.004

Peng, A., Kirkham, N. Z., & Mareschal, D. (2018). Task switching costs in preschool children and adults. *Journal of*

Experimental Child Psychology, 172, 59-72. doi: http://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.01.019

Poliakoff, E., O'Boyle, D. J., Moore, A. P., McGlone, F. P., Cody, F. W., & Spence, C. (2003). Orienting of attention and Parkinson's disease: tactile inhibition of return and response inhibition. *Brain, 126*(9), 2081-2092. doi: http://doi.org/10.1093/brain/awg210

Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D. G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance Vol X: Control of Language Processes* (Vol. 32, pp. 531-556). Hillsdale: Erlbaum.

Pratt, J. (1995). Inhibition of return in a discrimination task. *Psychonomic Bulletin & Review, 2*(1), 117-120. doi: http://doi.org/10.3758/BF03214416

Reuter-Lorenz, P. A., & Rosenquist, J. N. (1996). Auditory cues and inhibition of return: the importance of oculomotor activation. *Experimental Brain Research, 112*(1), 119-126. doi: http://doi.org/10.1007/bf00227185

Roggeveen, A. B., Prime, D. J., & Ward, L. M. (2005). Inhibition of return and response repetition within and between modalities. *Experimental Brain Research, 167*(1), 86-94. doi: http://doi.org/10.1007/s00221-005-0010-5

Scalf, P. E., Ahn, J., Beck, D. M., & Lleras, A. (2014). Trial history effects in the ventral attentional network. *Journal of Cognitive Neuroscience, 26*(12), 2789-2797. doi: http://doi.org/10.1162/jocn_a_00678

Schneider, D. W. (2016). Perceptual and conceptual priming of cue encoding in task switching. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition, 42*(7), 1112-1126. doi: http://doi.org/10.1037/xlm0000232

Shao, Z. (2013). *Cognitive psychology* (2nd ed.). Shanghai, China: Sanghai Educational Publishing House.

[邵志芳. (2013). *认知心理学：理论、实验和应用(第 2 版)*. 上海: 上海教育出版社.]

Shin, E., & Chong, S. C. (2016). Electrophysiological revelations of trial history effects in a color oddball search task. *Psychophysiology, 53*(12), 1878-1888. doi: http://doi.org/10.1111/psyp.12766

Spence, C., & Driver, J. (1998). Auditory and audiovisual inhibition of return. *Perception and Psychophysics, 60*(1), 125-139. doi: http://doi.org/10.3758/bf03211923

Spence, C., Lloyd, D., McGlone, F., Nicholls, M. E. R., & Driver, J. (2000). Inhibition of return is supramodal: a demonstration between all possible pairings of vision, touch, and audition. *Experimental Brain Research, 134*(1), 42-48. doi: http://doi.org/10.1007/s002210000442

Tipper, S. P., Weaver, B., Jerreat, L. M., & Burak, A. L. (1994). Object-based and environment-based inhibition of return of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*(3), 478-499. doi: http://doi.org/10.1037/0096-1523.20.3.478

Van der Stoep, N., Van der Stigchel, S., & Nijboer, T. C. W. (2015). Exogenous spatial attention decreases audiovisual integration. *Attention Perception & Psychophysics, 77*(1), 368-368. doi: http://doi.org/10.3758/s13414-014-0805-1

Vandierendonck, A., Liefooghe, B., & Verbruggen, F. (2010). Task switching: interplay of reconfiguration and interference control. *Psychological Bulletin, 136*(4), 601-626. doi: http://doi.org/10.1037/a0019791

Wang, A., Liu, X., Tang, X., & Zhang, M. (2017). Inhibition of return at different eccentricities in visual field under three-dimensional (3D) world. *Acta Psychologica Sinica, 49*(6), 723-732. doi: http://doi.org/10.3724/sp.j.1041.2017.00723

[王爱君, 刘晓乐, 唐晓雨, 张明. (2017). 三维空间中不同视野深度位置上的返回抑制. *心理学报*, *49*(6), 723-732.]

Wang, A., Wu, X., Tang, X., & Zhang, M. (2020). How modality processing differences affect cross-modal nonspatial repetition inhibition. *PsyCh Journal, 9*(3), 306-315. doi: http://doi.org/10.1002/pchj.332

Wang, A., Yue, Z., Zhang, M., & Chen, Q. (2015). Interaction between spatial inhibition of return (IOR) and executive

control in three-dimensional space. *Experimental Brain Research, 233*(11), 3059-3071. doi: http://doi.org/10.1007/s00221-015-4374-x

Wang, L., Qiu, J., Guo, Y., Zhang, Q., & Luo, Y. (2010). Neural mechanisms of the spatial gradient distribution of inhibition of return: evidence from an ERP study. *Journal of Psychological Science, 5*(5), 1074-1078. doi: http://doi.org/10.16719/j.cnki.1671-6981.2010.05.014

[王丽丽，邱江，郭亚桥，张庆林，罗跃嘉. (2010). 返回抑制梯度效应的认知神经机制:来自 ERP 研究的证据. 心理科学(5), 2074-1078.]

Wang, L., Yue, Z., & Chen, Q. (2012). Cross-modal nonspatial repetition inhibition. *Attention Perception & Psychophysics, 74*(5), 867-878. doi: http://doi.org/10.3758/s13414-012-0289-9

Ward, L. M., McDonald, J. J., & Lin, D. (2000). On asymmetries in cross-modal spatial attention orienting. *Perception and Psychophysics, 62*(6), 1258-1264. doi: http://doi.org/10.3758/bf03212127

Wu, X., Wang, A., Tang, X., & Zhang, M. (2019). Different visual and auditory latencies affect cross-modal non-spatial repetition inhibition. *Acta psychologica, 200*, 102940. doi: http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.102940

Yang, Z., & Mayer, A. R. (2014). An event-related FMRI study of exogenous orienting across vision and audition. *Human Brain Mapping, 35*(3), 964-974. doi: http://doi.org/10.1002/hbm.22227

Zhang, M., & Chen, Q. (2002). The effect of task demands on spatial-based IOR and color-based repetition disadvantage effect. *Acta Psychologica Sinica, 34*(5), 462-496.

[张明，陈骐. (2002). 任务需求对基于位置的返回抑制和基于颜色的重复劣势效应的影响. *心理学报*, *34*(5), 462-496.]

Zhang, Y., Peng, C., Sun, Y., & Zhang, M. (2013). Cognitive mechanism of visual inhibition of return. *Advances in Psychological Science, 21*(11), 1913-1926. doi: http://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2013.01913

[张阳，彭春花，孙洋，张明. (2013). 视觉返回抑制的认知机制. *心理科学进展*, *21*(11), 1913-1926.]

Zhou, A.-B., Sang, H.-B., Wang, A.-J., & Zhang, M. (2020). Visual aperiodic temporal prediction increases perceptual sensitivity and reduces response latencies. *Acta psychologica, 209*, 103129. doi: http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2020.103129

Zhou, X., & Chen, Q. (2008). Neural correlates of spatial and non-spatial inhibition of return (IOR) in attentional orienting. *Neuropsychologia, 46*(11), 2766-2775. doi: http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.05.017

Effects of Trial History on Cross-modal Non-Spatial Inhibition of Return

ZHANG Ming[1] SANG Hanbin[2] LU Ke[1 3] WANG Aijun[1]

([1]Department of Psychology, Research Center for Psychology and Behavioral Sciences, Soochow University, Suzhou 215000, China)

([2]School of Psychology, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

([3]Wenjiang District Bureau of Public Complaints and Proposals of Chengdu, Chengdu 611130, China)

Abstract

Background: Previous laboratory studies have shown that an individual's response in the current trial can be influenced by a previous trial, and this has been described as an effect of trial history. Existing studies have shown that there is a trial history effect with visual spatial inhibition of return (IOR), and some studies have shown that changes in stimulus modalities also affect reaction times (RTs). The present study used the "prime-neutral cue-target" paradigm to examine the trial history effect in cross-modal, non-spatial IOR and attempted to decrease the trial history effect.

Method: In two experiments, we mainly manipulated the cue-target modalities in the current trial (auditory-visual vs. visual-auditory modalities), cue validity in the current trial (cued vs. uncued) and cue validity in the previous trial (cued vs. uncued). Thirty participants were recruited in Experiment 1. The visual prime cue was a red or blue disk with a radius of 2° visual angle, and the auditory prime cue was a verbal sound in Chinese at 75 dB (\hong\ or \lan\). The visual neutral cue was a green disk with a radius of 2° visual angle, and the auditory neutral cue was a verbal sound in Chinese at 75 dB (\lv\); The visual target was a red or blue disk with a radius of 2° visual angle, and the auditory target was a verbal sound in Chinese at 75 dB (\hong\ and \lan\). During the experiment, each trial began with a 400 ms fixation cross in the centre of the monitor, and a 300 ms visual or auditory prime cue was followed by a 200 ms fixation cross. After the 300 ms visual or auditory neutral cue, another fixation cross was presented for 300 ms, and then a 300 ms auditory or visual target was presented. The participants were asked to discriminate the identity of the target(i.e., either a colour disk or vocalization of \hong\or \lan\) within 1500 ms. Following a 1500 ms intertrial interval (ITI) with a blank screen, the next trial was initiated. Twenty-nine participants were recruited in Experiment 2, the ITI was 4500 ms, and the other parameters were identical to those in Experiment 1.

Results: Regarding the RTs results, Experiment 1 showed that the RTs for cued targets in the current trial were larger than RTs for uncued targets, which was a colour-based non-spatial IOR. The IOR effect size in the current trial showed an interaction between the cue validity in the previous trial and the cue-target modality in the current trial. The IOR effect size on the current trial after a valid cue trial was larger than the IOR effect size with an invalid cue in the previous trial when the current trial was a visual cue and auditory target; however, there was no difference in the IOR effect size when the cue was auditory, and the target was visual in the current trial. Furthermore, the analysis of the target modality across trials revealed that the valid cue, but not the invalid cue, in the previous trial, could

induce a larger IOR effect size in the current trial with visual cues. A longer ITI (4500 ms) was used in Experiment 2 compared to Experiment 1, and the results showed that there was a difference in the IOR effect size in the current trial between the visual cues and auditory cues in the current trial. The IOR effect size in the current trial was not influenced by the validity of the previous trial or whether the current trial had auditory cues or visual cues.

Conclusion: These results suggested an interaction between trials on cross-modal non-spatial IOR, but the effect was related to the cue-target modality. There was not only the cue validity effect across trials but also the target modality switch effect between trials. Increasing the time interval between trials can reduce the effect of the previous trial on the IOR effect size in the current trial.
Key words non-spatial IOR, cross-modal IOR, trial history, inter-trial interval